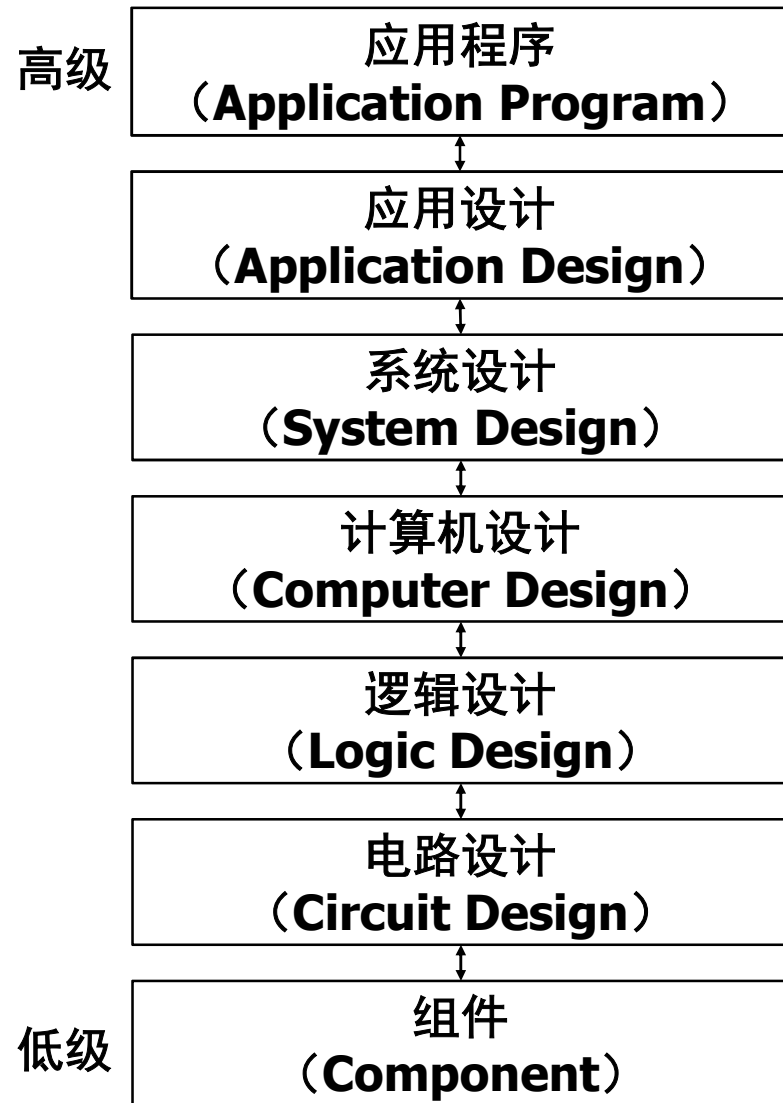


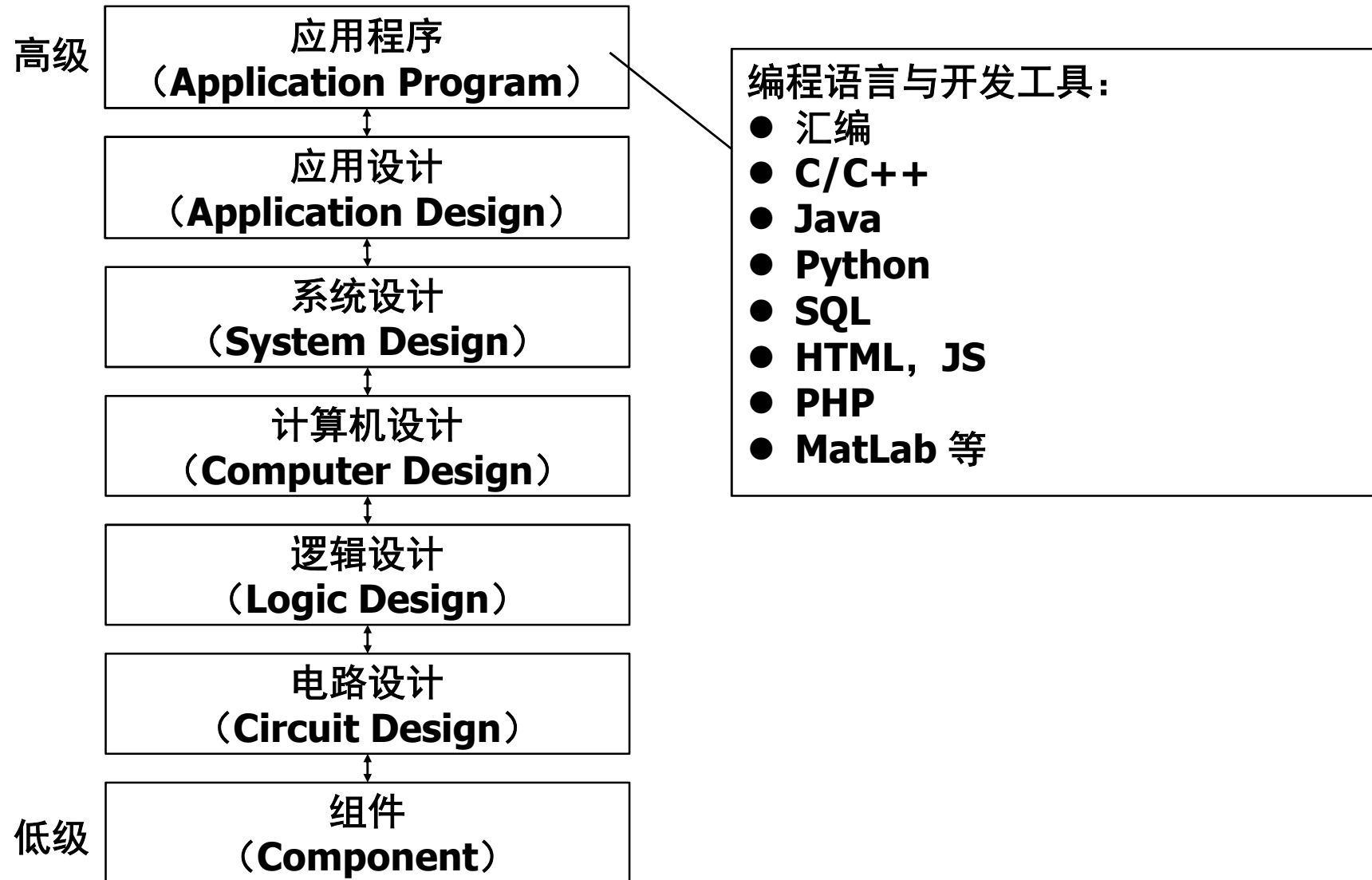
计算机体系结构 (Computer Architecture)

郑宏 副教授
计算机学院
北京理工大学

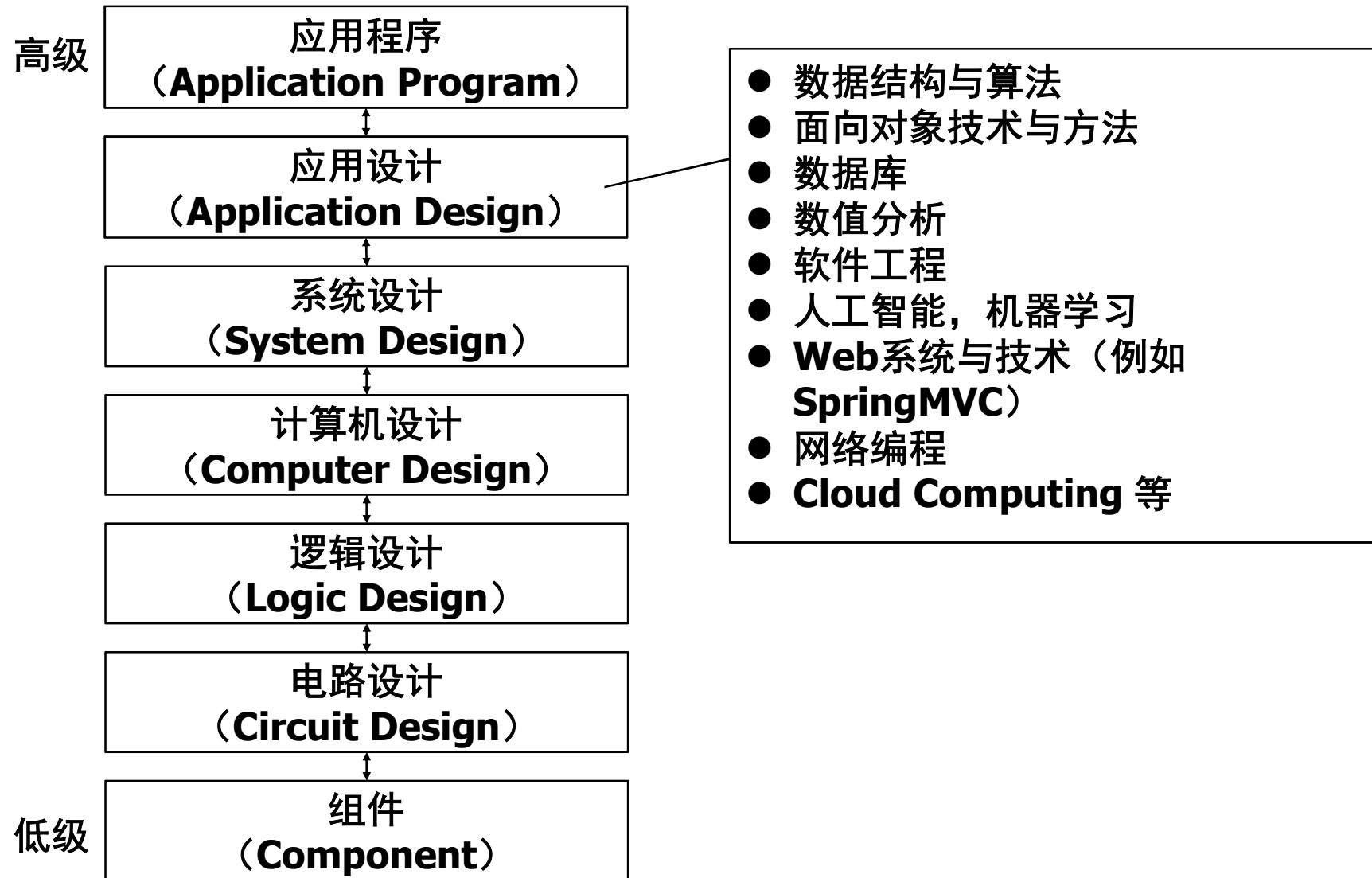
为什么学习计算机体系结构？



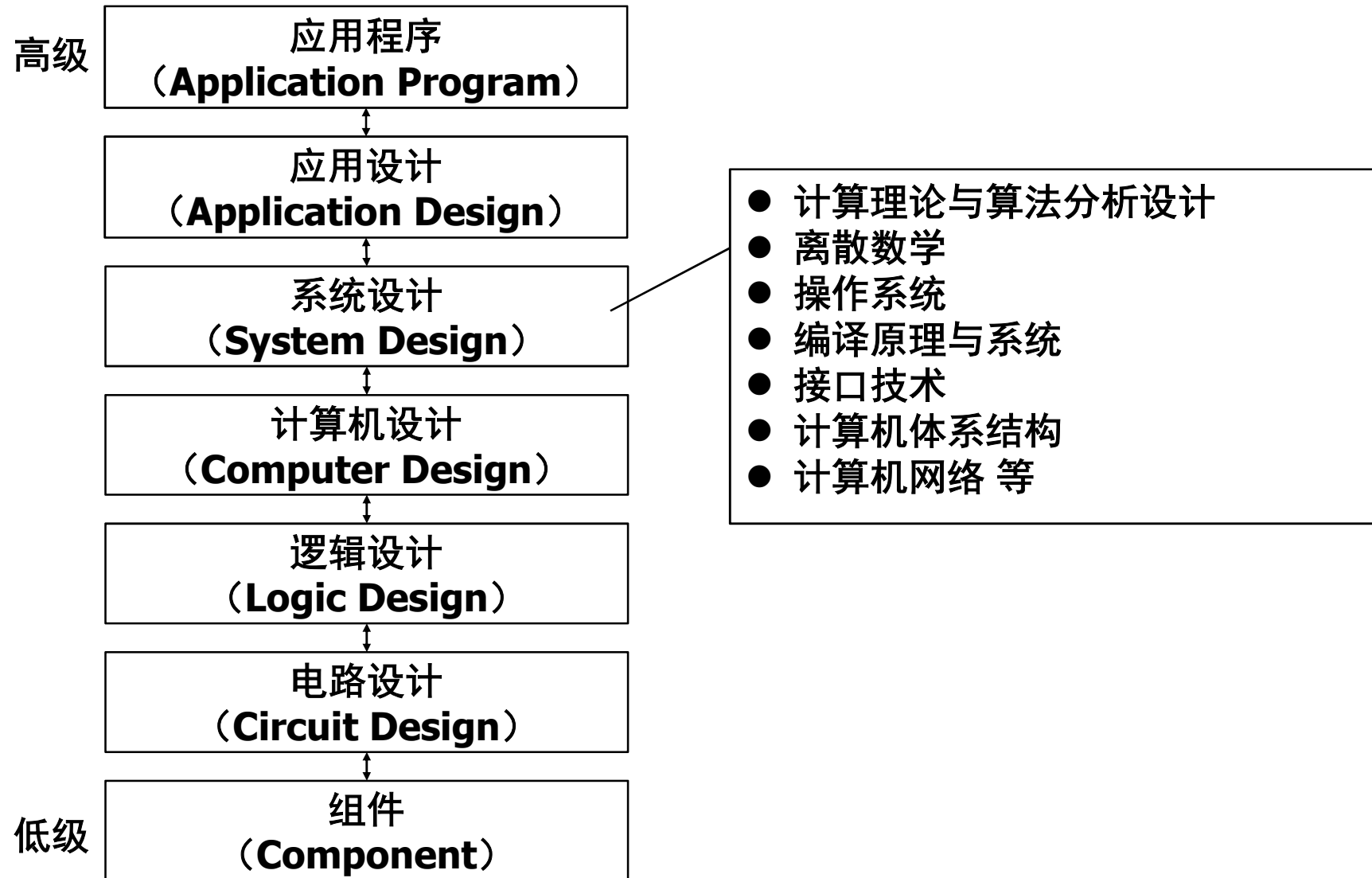
为什么学习计算机体系结构？



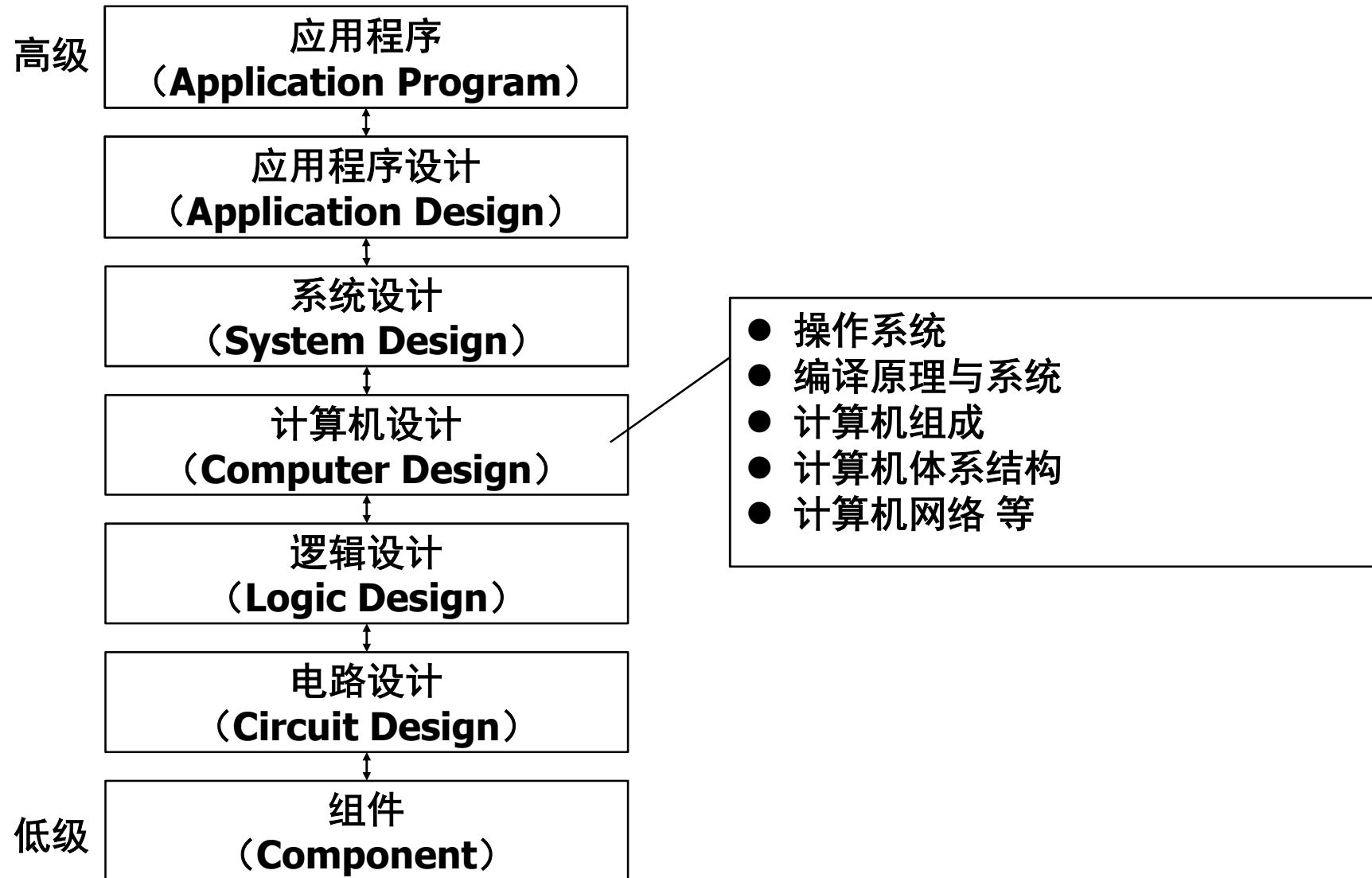
为什么学习计算机体系结构？



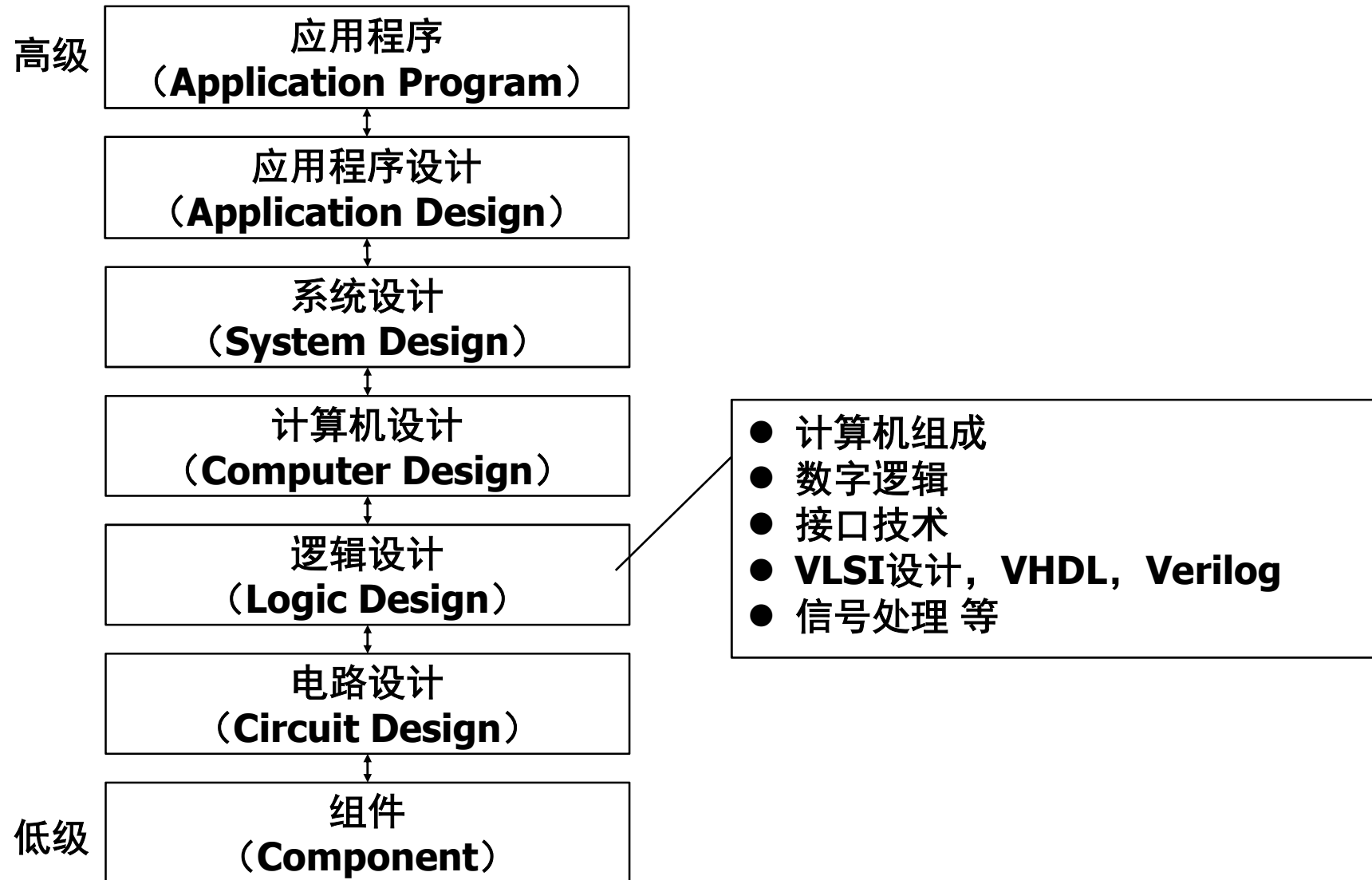
为什么学习计算机体系结构？



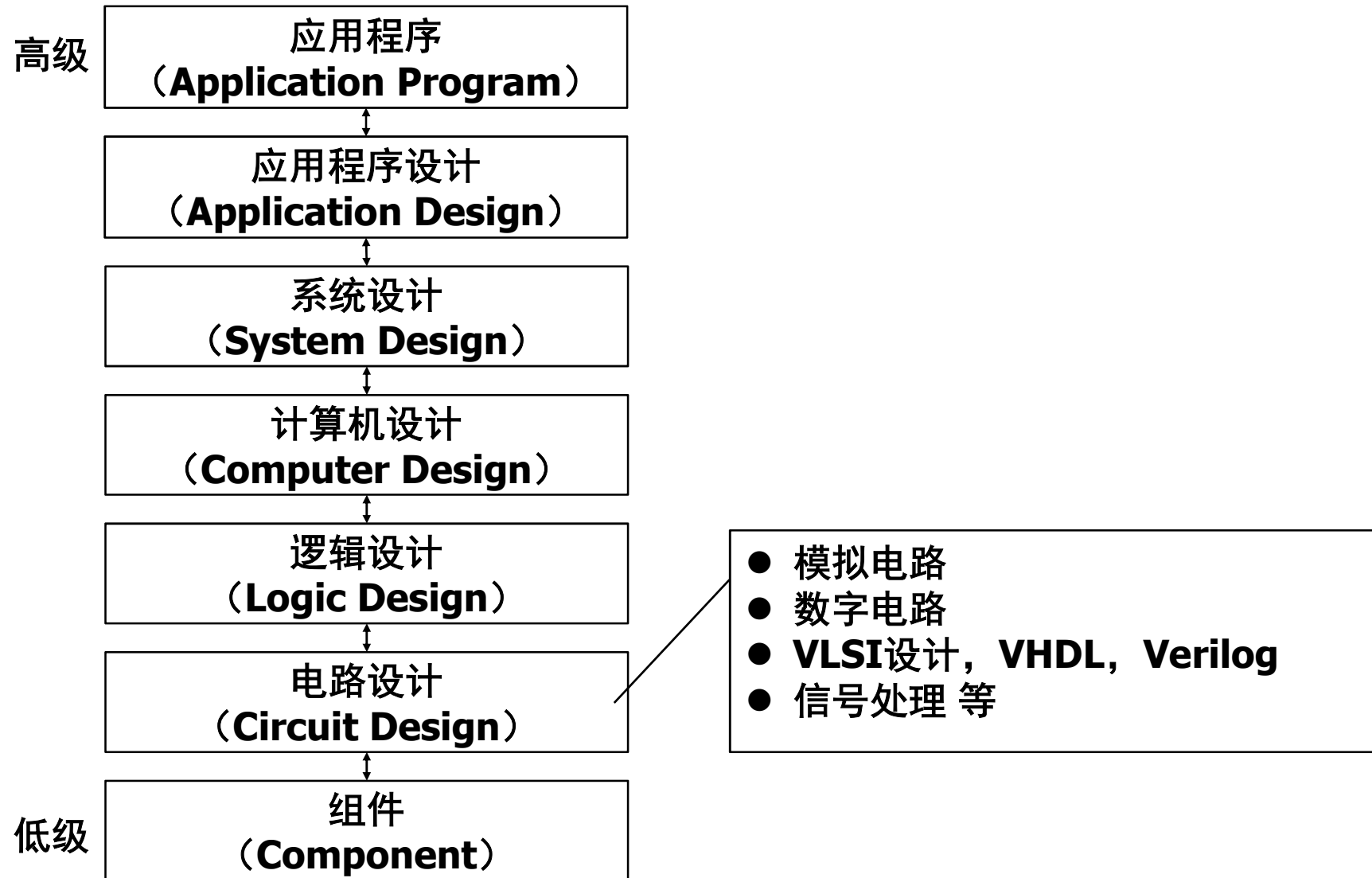
为什么学习计算机体系结构？



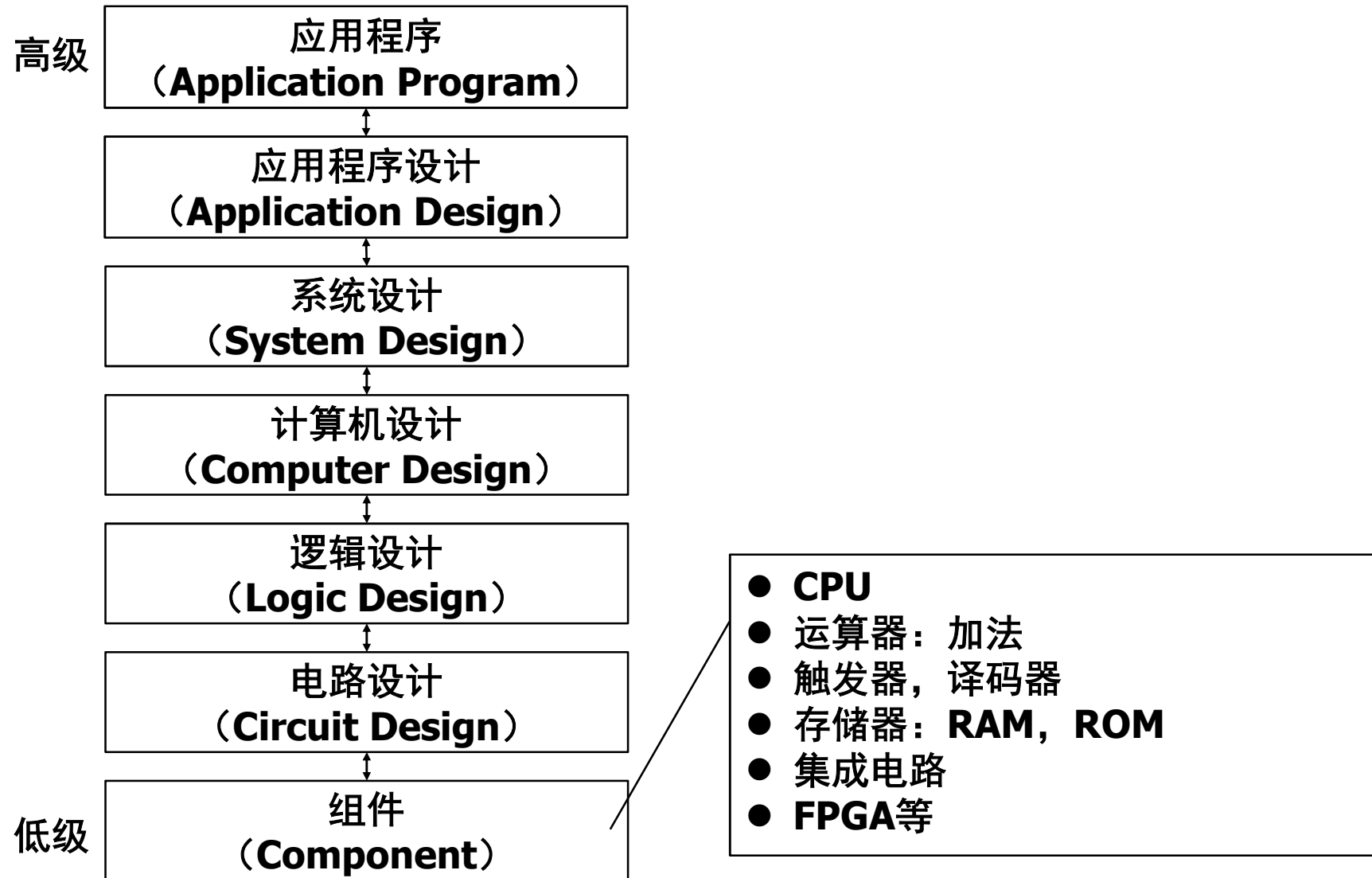
为什么学习计算机体系结构？



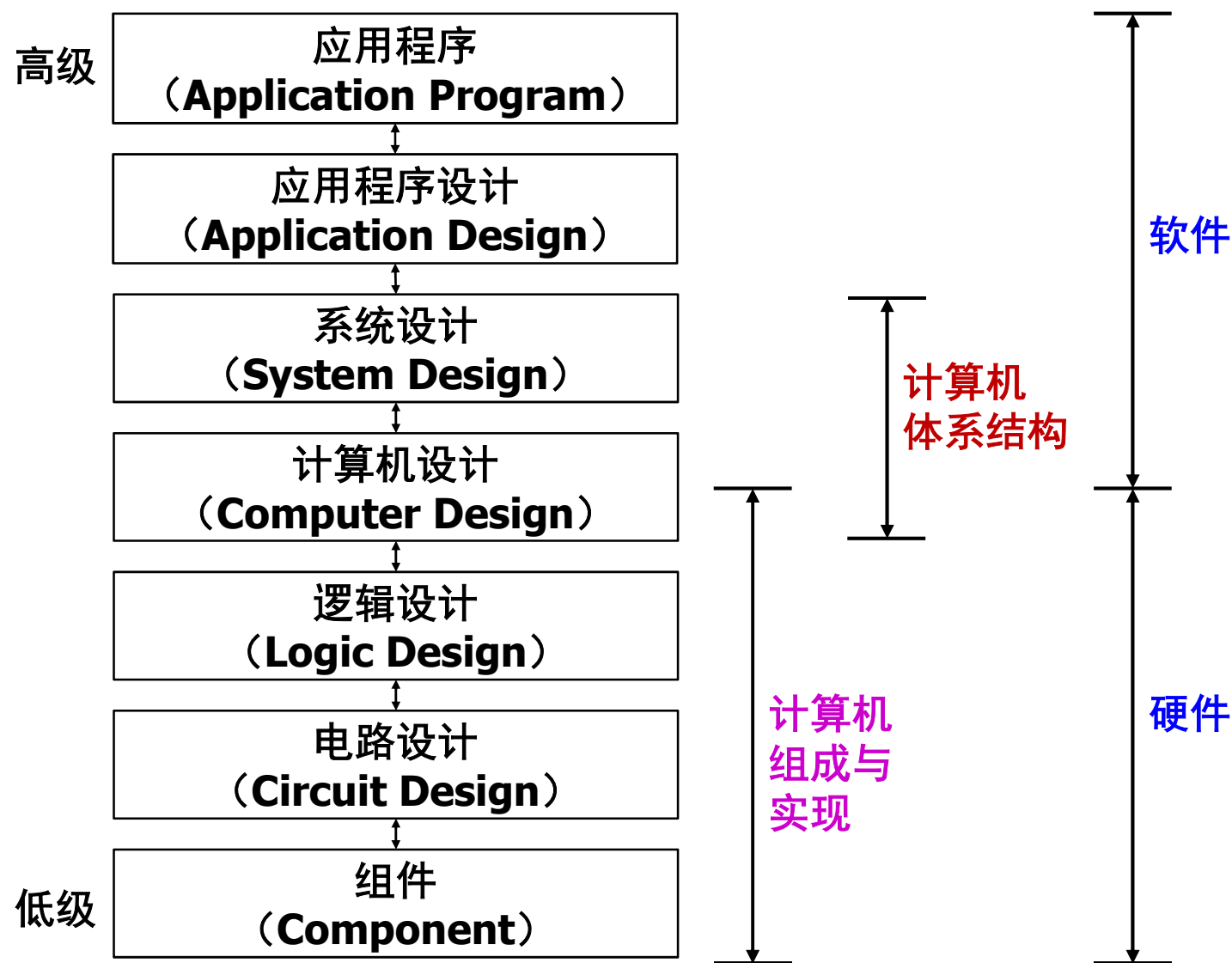
为什么学习计算机体系结构？



为什么学习计算机体系结构？



为什么学习计算机体系结构？



计算机设计者的任务

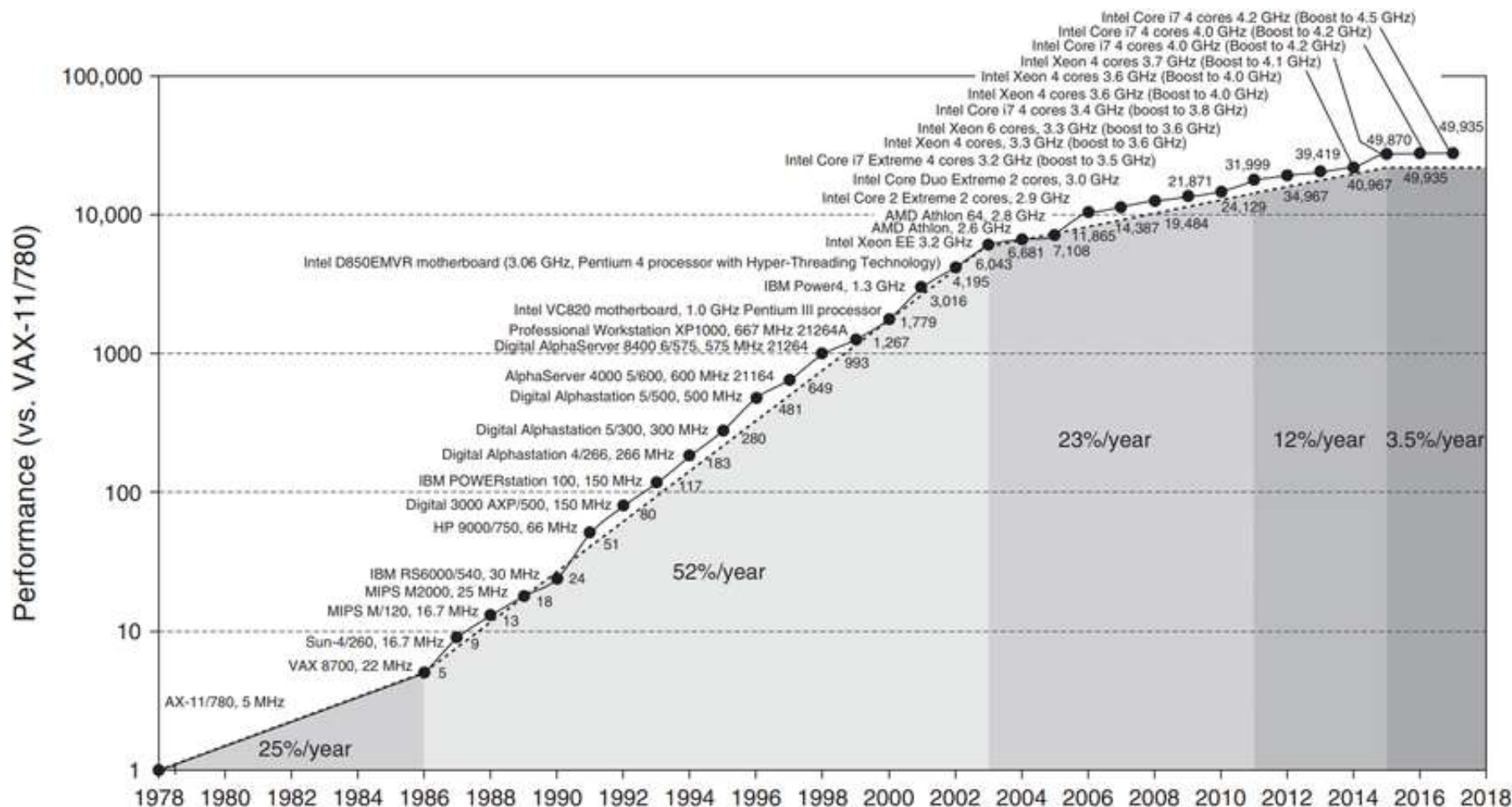


不仅包括设计、实现，还包括测量和评价

不同类型的计算机

- **IoT/embedded**
- **Personal mobile device**
- **Desktop**
- **Server**
- **Cluster/warehouse-scale**
- **SuperComputer**
- **Quantum Computer**

近 40 年微处理器性能的提高



相对于 **DEC VAX 11/780**，不同微处理器 **SPEC integer benchmarks** 测量结果

近 40 年微处理器性能的提高

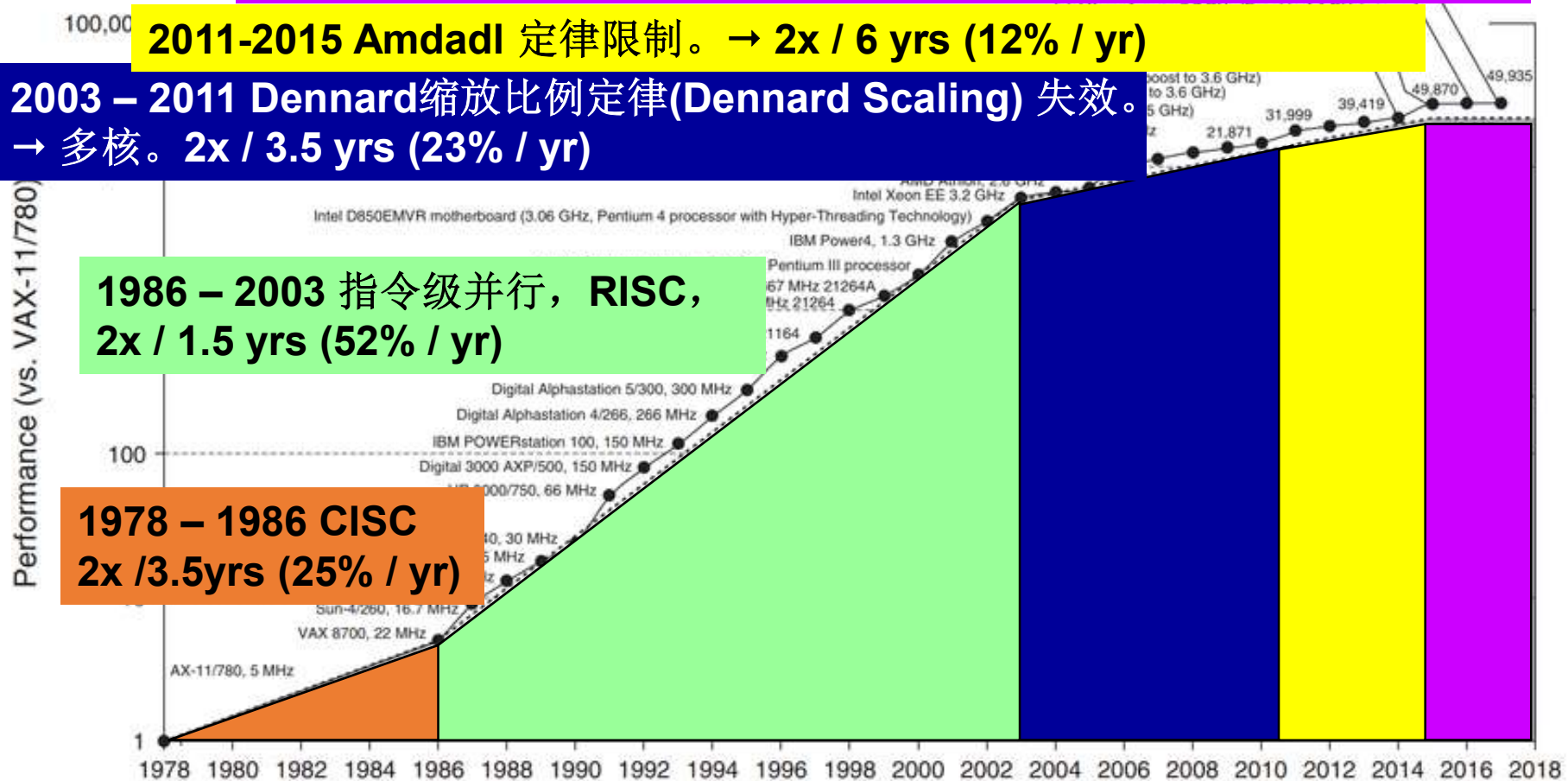
2015-2018 摩尔定律失效。→ $2x / 20 \text{ yrs}$ (3% / yr)

2011-2015 Amdahl 定律限制。→ $2x / 6 \text{ yrs}$ (12% / yr)

2003 – 2011 Dennard 缩放比例定律(Dennard Scaling) 失效。
→ 多核。 $2x / 3.5 \text{ yrs}$ (23% / yr)

1986 – 2003 指令级并行, RISC,
 $2x / 1.5 \text{ yrs}$ (52% / yr)

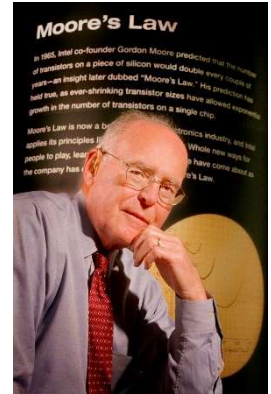
1978 – 1986 CISC
 $2x / 3.5 \text{ yrs}$ (25% / yr)



相对于 DEC VAX 11/780, 不同微处理器 SPEC integer benchmarks 测量结果

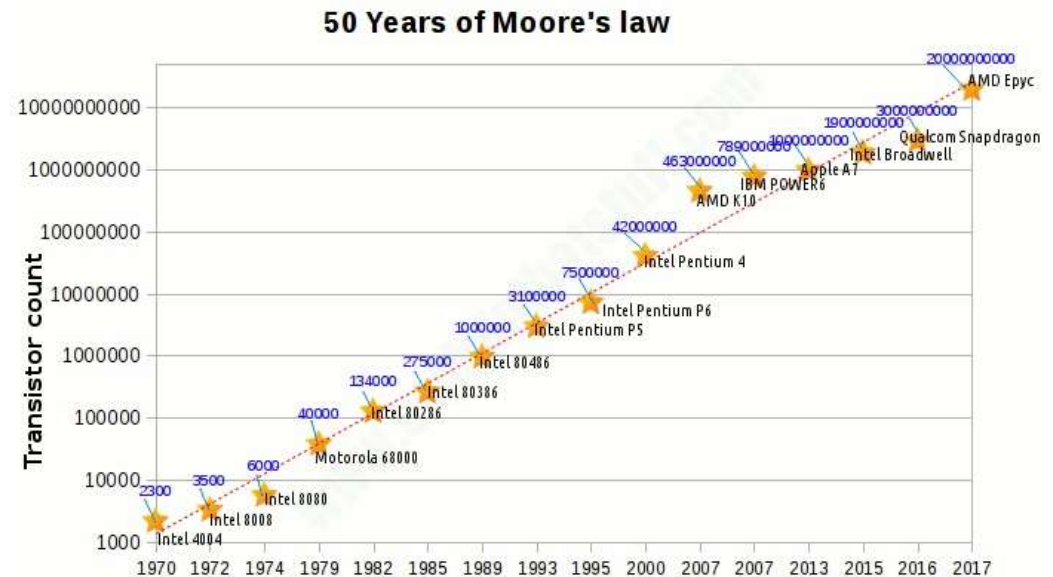
摩尔定律

- 1965年, **Prediction** made by Gordon Moore, the co-founder of Intel



集成电路上可容纳的晶体管数目每 **18-24** 月会增加一倍。

每 **18-24** 个月会将芯片的性能提高一倍。

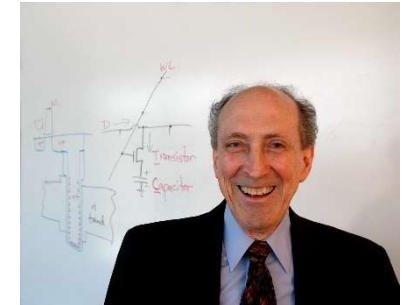


指数级的性能提升

并非自然规律，而应该被视为对未来集成电路发展的观测或者预测。伴随着集成电路半个多世纪的快速发展并不断的自我实现。

Dennard 缩放比例定律 (Dennard Scaling)

- **1974年**，作为共同作者，**IBM 的 Robert H. Dennard** 发表了一篇论文提出：



随着晶体管变小，功率密度保持不变，因此功率使用与其面积成比例，电压和电流随其长度向下伸缩。

晶体管尺寸(长度)减少 λ ：

- 电压和电流减少 λ ；
- 晶体管数量增加 λ^2 ；
- 时钟速度增加 λ ；
- 功率不变。

对于每一代晶体管电路：

- 尺寸减少 **50%**；
- 速度增加 **40%**；
- 功耗减少**50%**；

实际上，电压和电减少较慢，时钟速度增加较快流。

Amdahl 定律

- **1967年**，由 **IBM360** 系列机的主要设计者 **阿姆达尔** 首先提出。

系统中对某一部件采用某种更快执行方式所能获得的系统性能改进程度，取决于这种执行方式被使用的频率或所占总执行时间的比例。

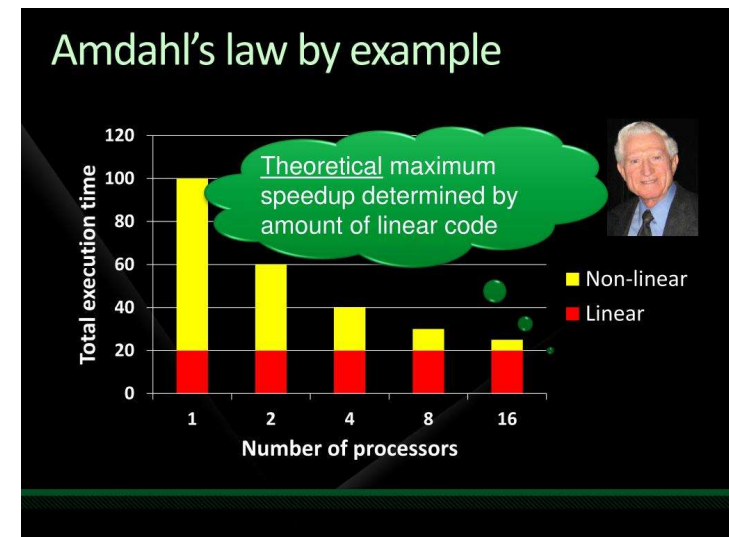
$$S_n = \frac{1}{(1 - Fe) + \frac{Fe}{Se}}$$

Sn: 加速比

Fe: 可改进部分(或串行执行部分)的比例。

1-Fe: 不可改进部分(或并行执行部分)

Se: 改进部分加速比



计算机体系结构是什么？

- 是**选择**和**互连**硬件组件、以建立满足功能、性能和成本需求的计算机的**科学**。
- 是设计和实现一个计算机系统的**蓝图**，说明计算机“要做什么，应该做什么”。

计算机体系结构目标

功能

- 应用需求
- 兼容
- 标准
- 发展趋势
- 通用/专用

性能

- 时间
- 吞吐率
- 扩展性

其他

- 成本
- 功率/能源
- 安全性
- 可维护性

为什么学习计算机体系结构？

你每天都在使用它；

你今后可能仍然使用它；

是计算机专业的要求；

- 探索计算机是如何设计和运行的，帮助你减少疑问和假设；
- 使你能更好、更快、更高效、更低成本地设计、开发和实现更易于使用的应用。

课程目标

- 掌握计算机体系结构的基本**概念**、基本**原理**、基本**结构**和性能**分析与评价**的基本方法；
- 掌握计算机体系结构的**设计技术**；
- 通过软、硬件知识的有机地结合，确立全面、系统的观点，建立计算机系统的**完整概念**；
- **综合认识**计算机系统的**软硬件功能分配**与各种不同结构类型机器的特性和性能评价，指导硬件/软件开发实践，提高分析设计能力。

教材

作者：蒋本珊、马忠梅、郑宏。
北京：清华大学出版社 2015.



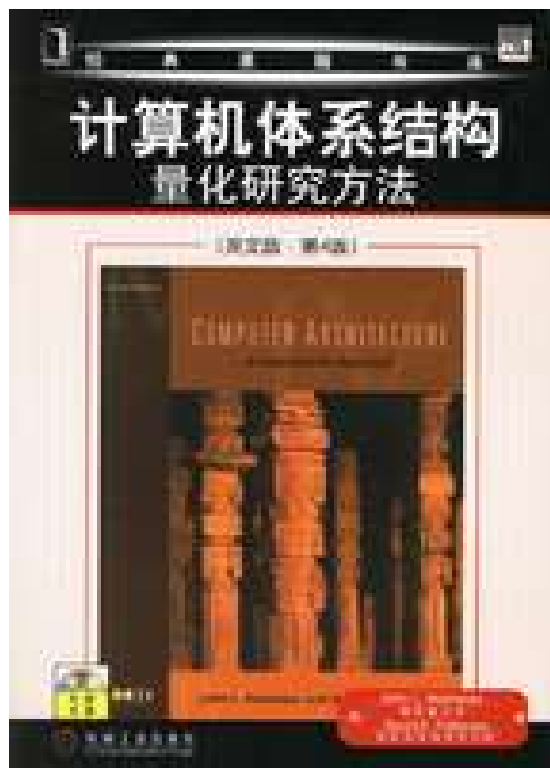
教材

作者：蒋本珊、马忠梅、郑宏、王娟
北京：清华大学出版社 2021.



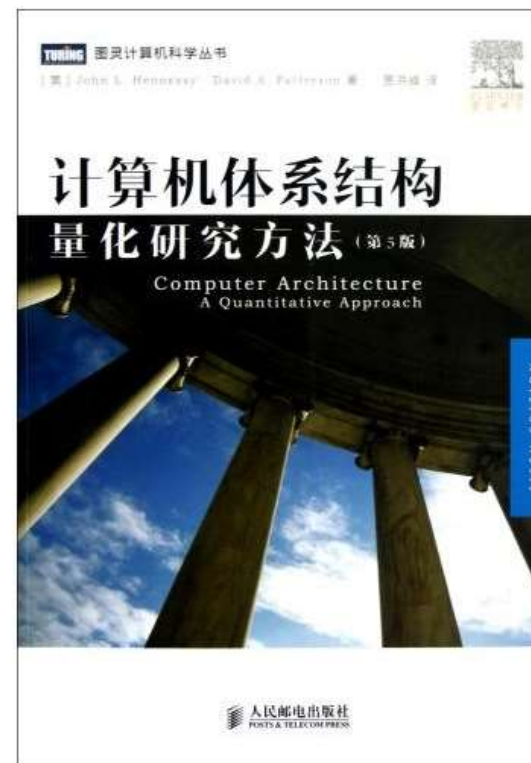
参考书

- 《计算机体系结构-量化研究方法》
John L.Hennessy, David A.Patterson



第4版

机械工业出版社 2007



第5版

人民邮电出版社 2013

参考书



- **John L. Hennessy**, 斯坦福大学校长, **IEEE**和**ACM**会士, 美国国家工程研究院院士及美国科学艺术研究院院士。**Hennessy**教授因为在**RISC**技术方面做出了突出贡献而荣获**2001**年的**Eckert-Mauchly**奖章, 他也是**2001**年**Seymour Cray**计算机工程奖得主, 并且和**David A. Patterson**分享了**2000**年约翰·冯·诺依曼奖。

参考书



- **David A. Patterson**, 美国国家工程院院士, **IEEE**和**ACM**会士。曾任伯克利电气工程与计算机学院的计算机系主任。在伯克利, **Patterson**教授领导设计并实现了**RISC I**, 可能是世界上第**1**台**VLSI**精简指令集计算机。**1999**年由于对**RAID**技术的贡献而获得**IEEE Reynold Johnson**信息存储奖。**2000**年与**John Hennessy**分享了**IEEE**的冯 诺依曼奖章。

参考书

■ 《计算机系统结构》

郑纬民、汤志忠编著，清华大学出版社



主要内容

■ 本课程主要学习和研究：

- 如何对计算机系统软件和硬件的功能进行更合理的分配；
- 研究如何更好、更合理地实现分配给硬件的那部分功能，使系统有尽可能高的性能价格比。

主要内容

- 计算机体系结构的基本概念 (1)
- 数据表示与指令系统 (2)
- 输入/输出系统 (3)
- 存储体系 (4)
- 流水线和向量处理机 (5)
- 并行处理机和互连网络 (6)
- 多处理机和多计算机 (7)

学习方法

■ 特点：学科交叉

- 计算机组成
- 数字逻辑
- 计算机操作系统
- 数据结构
- 程序设计
- 编译原理
- 计算机网络
-

■ 方法：

- 全局思维方法；
- 获取资料自学的方法；
- 认真听课；
- 认真复习；
- 认真练习；

成绩评定

- 期末考试 **75%**
- 出勤+作业 **20%**
- 报告 **5%**

课程网站

- 登录网络教室：**lexue.bit.edu.cn**
- 加入课程

计算机体系结构（2019级本科生 计算机学院 2021-2022-2）

- 下载课件、课程资料等。
- 参加测验。
- 提交作业和报告等。